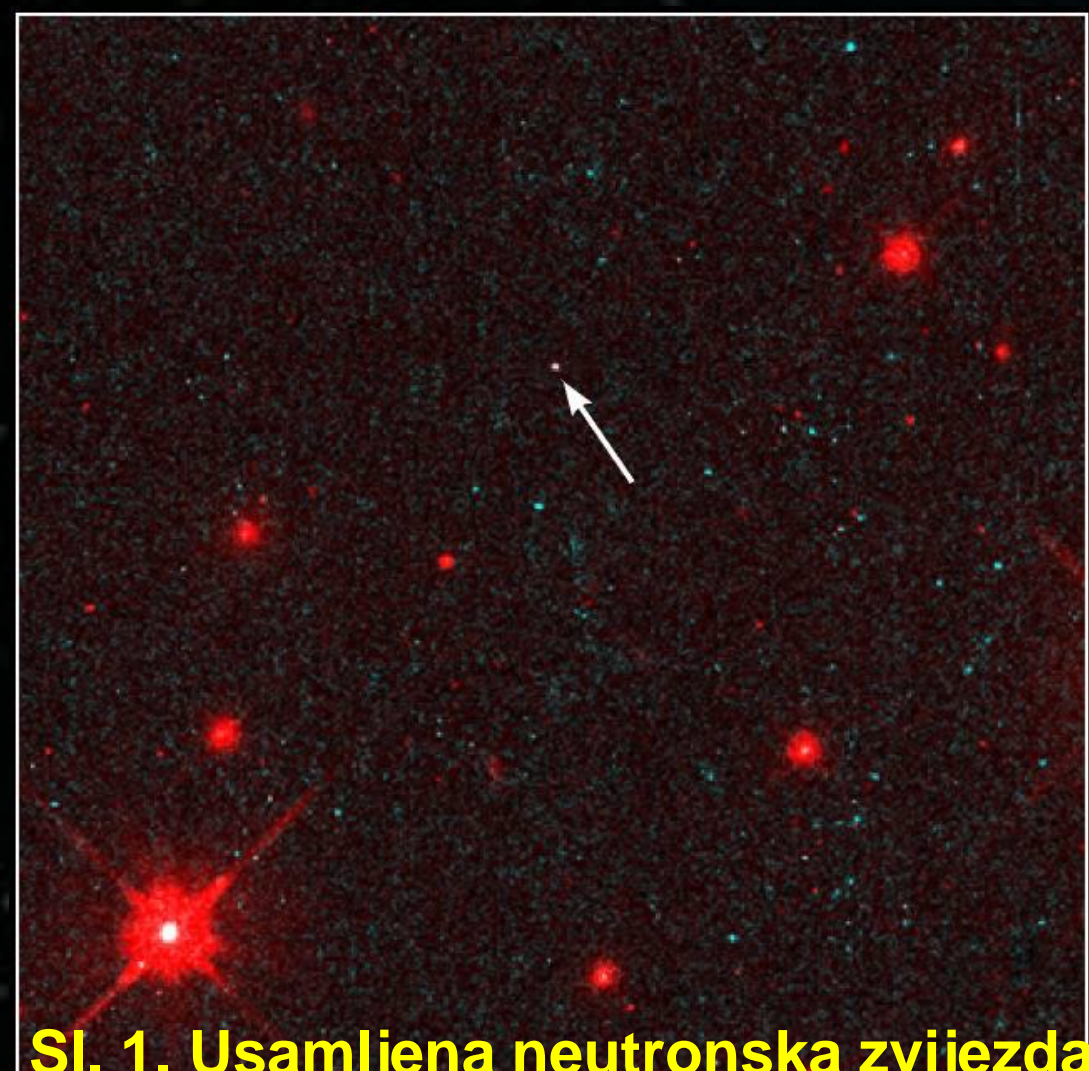


Neutronske zvijezde i nuklearna energija simetrije



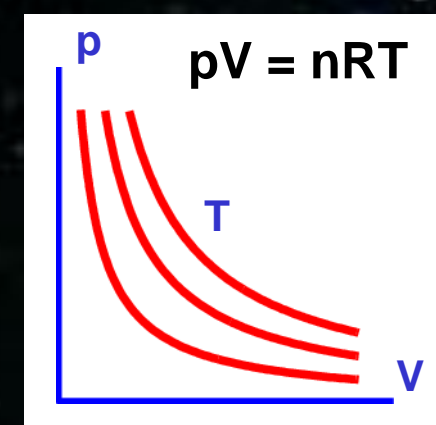
SI. 1. Usamljena neutronska zvijezda. Isolated Neutron Star RX J185625-3754 HST • WFC2
PRC97-32 • ST ScI OPO • September 25, 1997
F. Walter (State University of New York at Stony Brook) and NASA

SI. 3. Umjetnikovo viđenje pulsara.

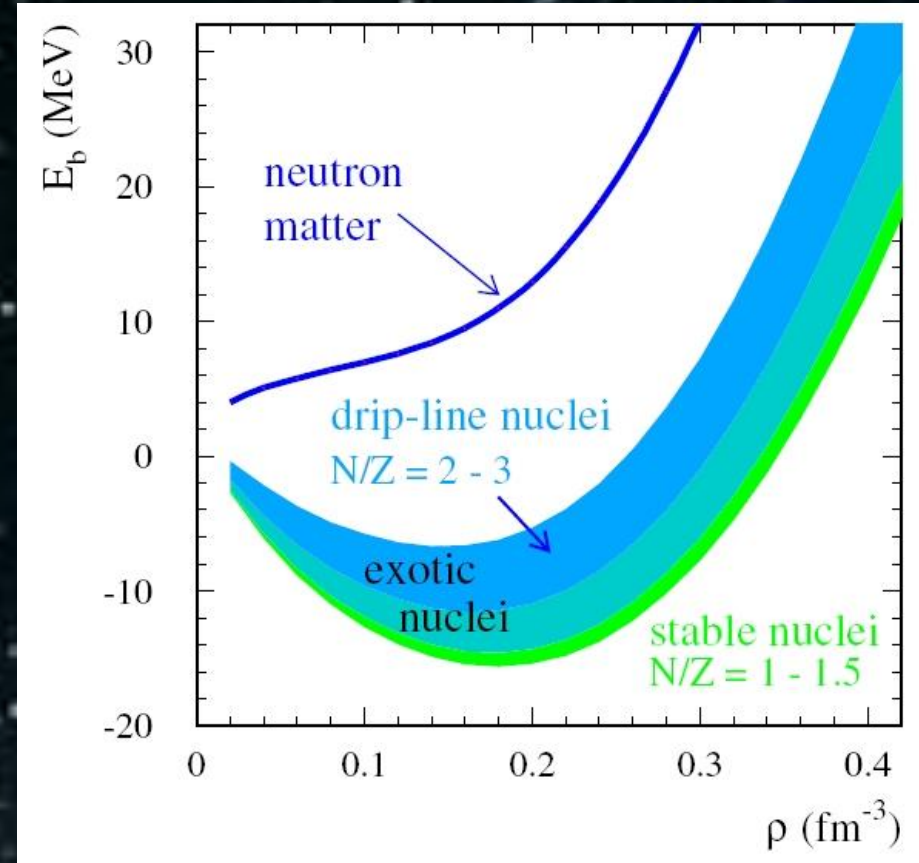


SI. 2. Maglina supernove iz 1054.

Jedan od najneobičnijih objekata u Svemiru su **neutronske zvijezde (NZ)** (SI. 1 i 2) koje pri određenim okolnostima preostaju kao mala i relativno hladna tvorevina nakon **eksplozije zvijezde supernove** (SI. 3).



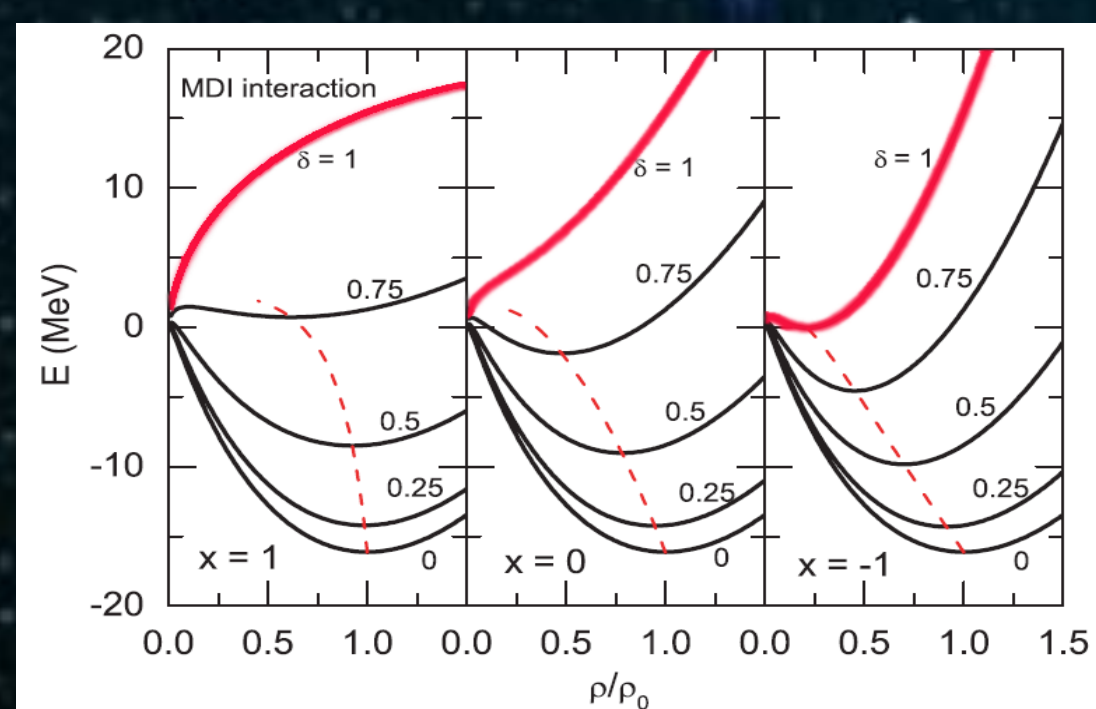
SI. 8. Plinska jednadžba za idealni plin. Kod stalne temperature tlak je obrnuto srazmjeran obujmu.



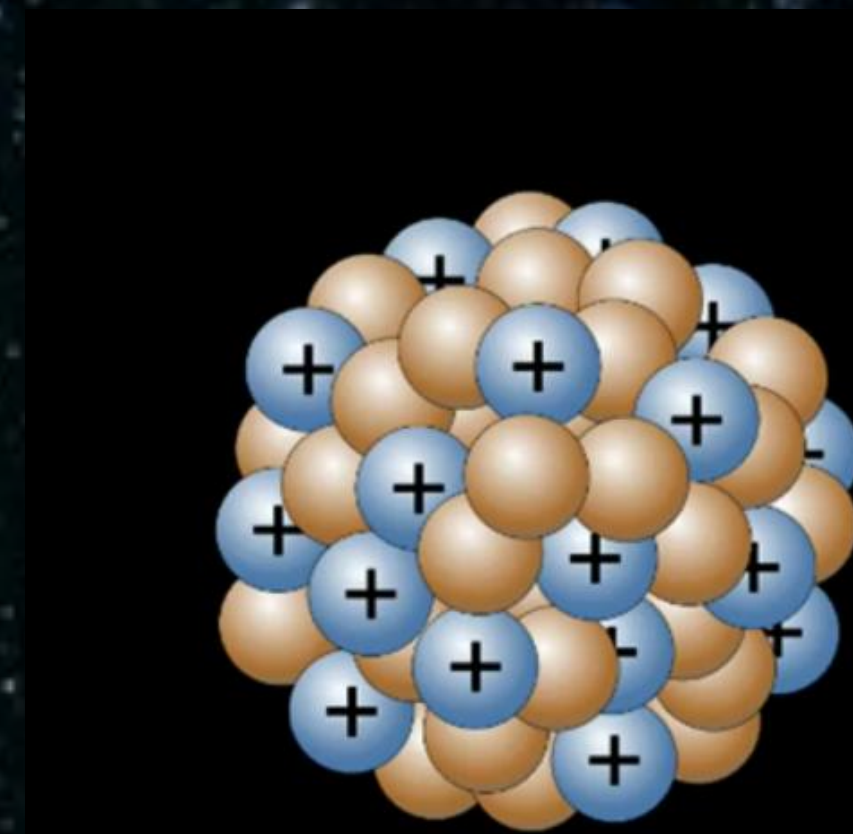
SI. 9. Nuklearna jednadžba stanja tj. ovisnost energije vezanja po nukleonu E_n o gustoći ρ za stabilne atomske jezgre (podjednak broj neutrona i protona) označena je zeleno, a za neutronske tvar plavo obojenom krivuljom.

Naše spoznaje o nuklearnoj tvari dolaze iz mjerenja. Proučavamo svojstva atomskih jezgara pri vrlo visokim energijama kada prilikom sudara nastaje vruća i zgusnuta nuklearna tvar. Nuklearnu tvar možemo shvatiti kao specifičan fluid, a termodinamika opisuje fizikalne karakteristike fluida preko tzv. jednadžbe stanja (SI. 8). Kod nuklearnog fluida govorimo o **nuklearnoj jednadžbi stanja** (NEoS od engleskog Nuclear Equation of State, SI. 9). NEoS možemo pojednostavljeno objasniti kao veličinu koja opisuje jačinu opiranja nuklearne sredstva na sabijanje. Svojstva **nuklearnog fluida** kod istog broja protona i neutrona smo manje više pouzdano odredili iz laboratorijskih eksperimenata. O NEoS za neutronske nuklearnu tvar imamo samo vrlo nepouzdanu spoznaju iz posrednih opažanja nekoliko NZ.

Iz NEoS neutronske tvari slijedi da bi **NZ** mogla imati izvanredno **bogatu i neobičnu strukturu** (SI. 10). U vrlo tankoj ovojnici NZ po svojim fizikalnim svojstvima nalikuje zvijezdama poput našeg Sunca. Od ruba NZ prema središtu nalazi se plašt ukupne mase od oko 1 % mase NZ (SI. 7 i 10). Plašt ima brzo rastuću gustoću, a svojstva mu se naglo mijenjaju idući prema središtu: pri rubu plašta nalik na ogromni kristal pravilno raspoređenih nukleona, potom tvorevine nukleona (pretežno neutrona) koje se popularno nazivaju "pasta", te najzad jednolika "juha" neutrona s nešto protona i elektrona. Središte NZ nosi preko 99 % mase NZ i mnoga oprečna svojstva. A ta svojstva presudno ovise o **NEoS** koja **je za neutronske tvar vrlo upitna** (SI. 11).

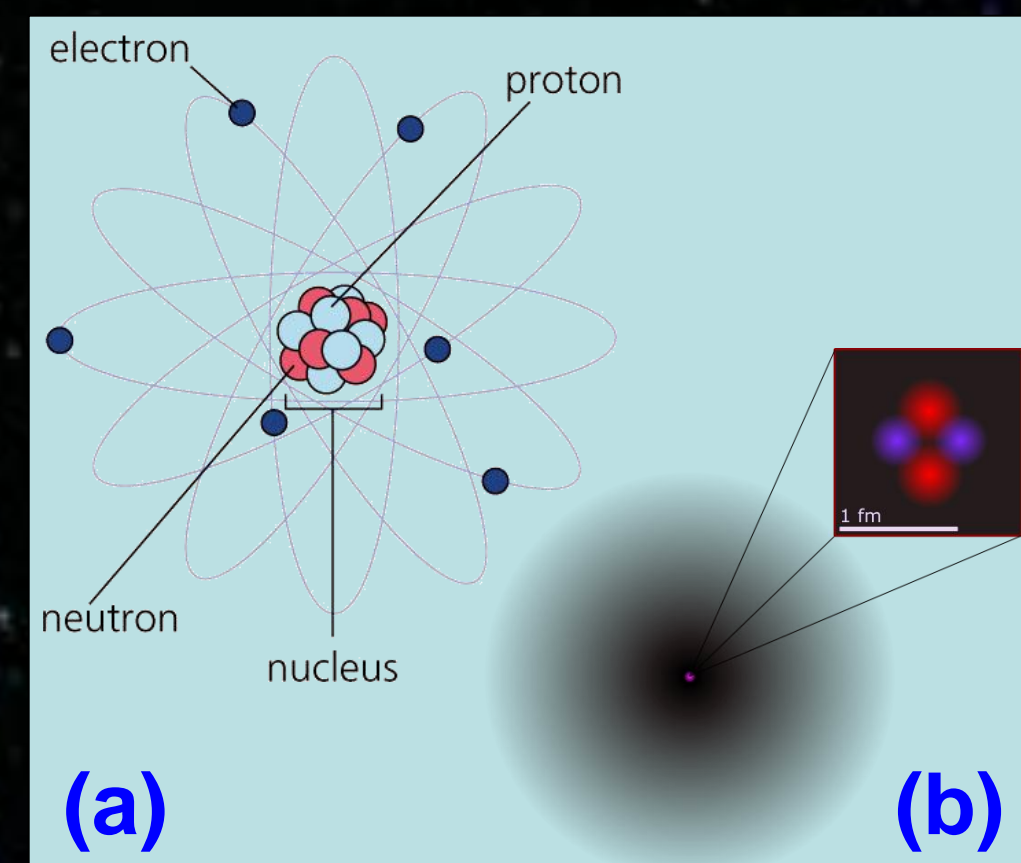


SI. 11. Crvena krivulja označava nuklearnu jednadžbu stanja neutronske tvari za tzv. super meku (lijevo), meku (sredina) i tvrdu (desno) jednadžbu stanja tj. ovisnost energije o gustoći.



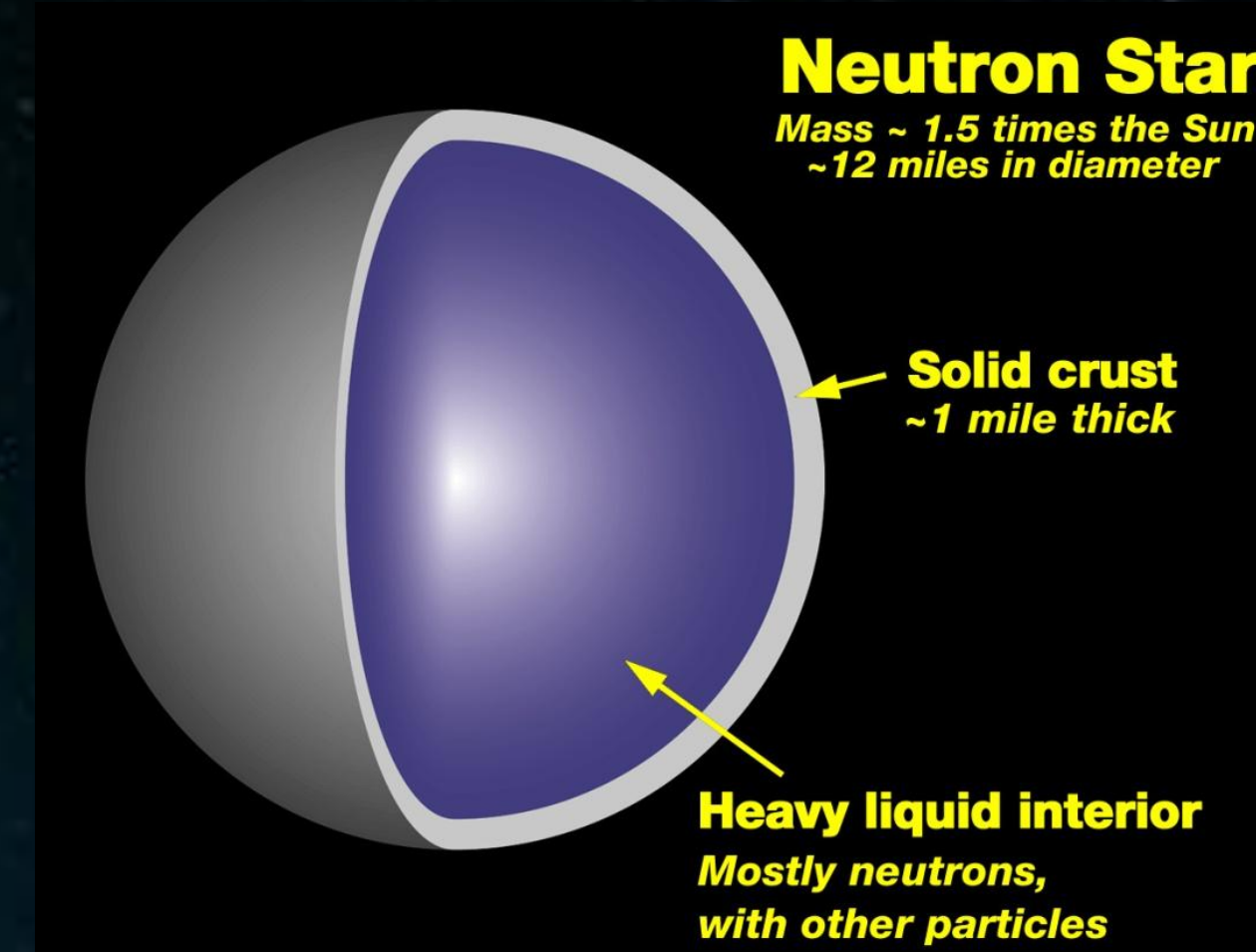
SI. 4. Krajnje naivni i pojednostavljeni prikaz atomske jezgre.

SI. 5. Nukleoni se sastoje od po 3 kvarka. Nukleoni su sastavnice atomske jezgre i predstavljaju osnovu vidljive mase Svemira.

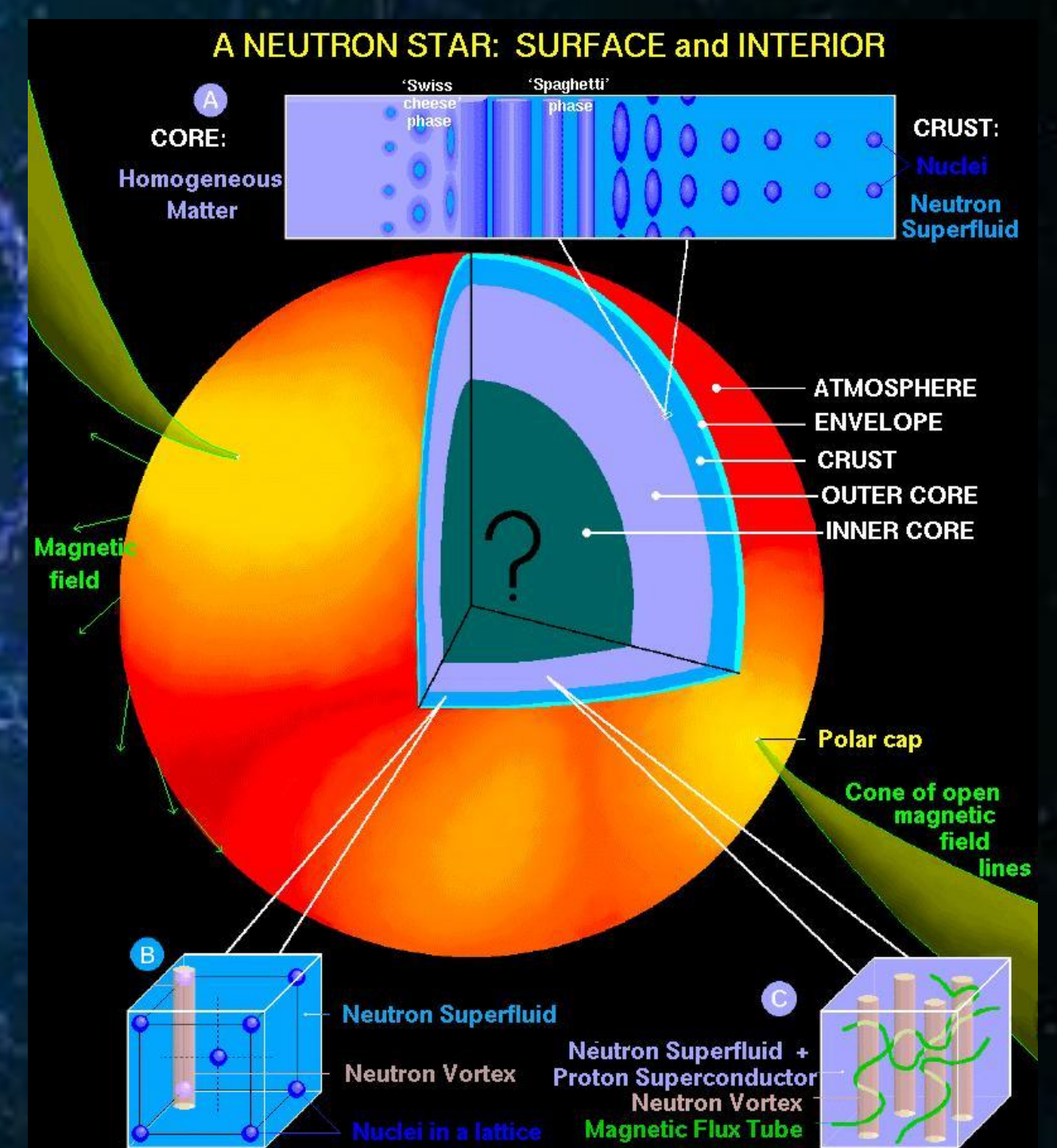


SI. 6. Sasvim naivni (a) i znatno realističniji prikaz atoma (b).

Atomske jezgre (SI. 4) se sastoje od približno jednakog broja protona i neutrona, nukleona (SI. 5), i nose 99,9 % mase atoma (SI. 6). Proton je po svim svojstvima jednak neutronu osim što za razliku od neutrona, koji je električki neutralan, nosi pozitivni naboj. Neutronska zvijezda (NZ) se pretežno sastoji od neutrona. Zbog mase slične masi Sunca i malog polumjera (oko 10 km) NZ ima ogromnu prosječnu gustoću, i možemo ju poistovjetiti s ogromnom atomskom jezgrom (SI. 7) tzv. **beskonačna nuklearna tvar**.



SI. 7. Pojednostavljeni prikaz neutronske zvijezde.



SI. 10. Pretpostavljena struktura neutronske zvijezde kako ju vidi umjetnik.

Razvoj akceleratora nudi nuklearnim fizičarima novo moćno sredstvo da u **laboratorijskim mjerenjima** odrede svojstva NEoS neutronima bogate nuklearne tvari. S tim ciljem u Europi, Americi i Japanu su u pripremi mjerenja za određivanje doprinosa neutronske komponente NEoS koju fizičari nazivaju "energija simetrije". Grupa fizičara iz laboratorija za nuklearnu fiziku IRB je aktivni sudionik tih napora i **supredlagač** široke međunarodne suradnje, **projekt CoSymE**, a koja bi se odvijala pod pokroviteljstvom **Europske zaklade za znanost** (European Science Foundation).

